

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/ES05/000111

International filing date: 04 March 2005 (04.03.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: EP
Number: 04380051.5
Filing date: 05 March 2004 (05.03.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 29 April 2005 (29.04.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse



**Europäisches
Patentamt**

**European
Patent Office**

**Office européen
des brevets**

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterla-
gen stimmen mit der
ursprünglich eingereichten
Fassung der auf dem näch-
sten Blatt bezeichneten
europäischen Patentanmel-
dung überein.

The attached documents
are exact copies of the
European patent application
described on the following
page, as originally filed.

Les documents fixés à
cette attestation sont
conformes à la version
initialement déposée de
la demande de brevet
européen spécifiée à la
page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

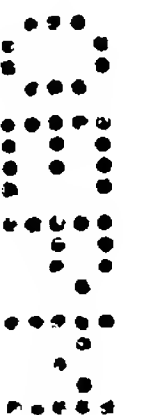
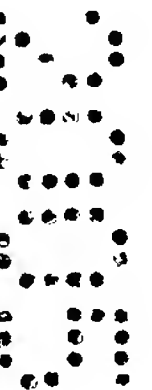
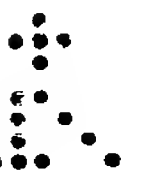
04380051.5

Der Präsident des Europäischen Patentamts;
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets
p.o.

R C van Dijk



心

人

信

信



Anmeldung Nr:
Application no.: 04380051.5
Demande no:

Anmeldetag:
Date of filing: 05.03.04
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

Gamesa Eolica, S.A. (Sociedad Unipersonal)
Poligono Industrial los Agustinos
Calle A, s/n
31013 Pamplona (Navarra)
ESPAGNE

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.
If no title is shown please refer to the description.
Si aucun titre n'est indiqué se referer à la description.)

Active power regulating system of a wind farm

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s)
revendiquée(s)
Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/
Classification internationale des brevets:

F03D7/00

Am Anmeldetag benannte Vertragstaaten/Contracting states designated at date of
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LU MC NL
PL PT RO SE SI SK TR LI

SISTEMA DE REGULACIÓN DE POTENCIA ACTIVA DE UN PARQUE EÓLICO**Campo de la invención**

La presente invención se refiere a un sistema de regulación de potencia activa de un parque eólico, sistema que se integra en el sistema de control y supervisión del propio parque eólico.

Antecedentes de la invención

Básicamente, un aerogenerador produce electricidad de la siguiente forma: el viento hace girar el rotor del aerogenerador, lo que provoca el giro de un generador (una dinamo) que produce electricidad.

Los principales componentes de la góndola de un aerogenerador son:

- Rotor: está constituido por unas palas que recogen el viento; se atornilla al eje principal.
- Eje principal: entre rotor y multiplicadora.
- Multiplicadora: conectada entre el rotor (al otro extremo del eje principal) y el generador de electricidad.
- Generador de electricidad
- Sistema de corona: permite el giro de la góndola para orientarse frente al viento según la señal de la veleta conectada al sistema de control.
- Sistema de control: controla la mayoría de las partes del aerogenerador; así, por ejemplo, controla el sistema de corona.

Un parque eólico está formado por uno o más aerogeneradores (hasta cientos) y otros elementos como un centro de transformación o subestación eléctrica y una o más torres meteorológicas. Todos estos elementos suelen estar supervisados por un sistema de supervisión y control de parque (o telemando) instalado en un ordenador central ubicado en el propio parque eólico y conectado a los aerogeneradores a través de una red de comunicaciones local. La aplicación instalada en este ordenador central recoge las variables de funcionamiento de los mencionados elementos así como las alarmas que en ellos se producen.

Actualmente, la potencia generada por un parque eólico es íntegramente evacuada a la red de distribución. De esta forma, si la compañía eléctrica autoriza un aporte máximo de potencia de X Mw, la instalación de aerogeneradores en cuanto a número y potencia nominal deberá ajustarse a esta limitación. Normalmente, en base a esta limitación de potencia, se realiza un estudio del emplazamiento y las posibles localizaciones de las máquinas para determinar el número óptimo de aerogeneradores a instalar para obtener la máxima producción.

Descripción de la invención

La invención se refiere a un sistema y a un procedimiento de regulación de potencia activa de un parque eólico para obtener en salida la potencia aparente deseada, de acuerdo con las reivindicaciones 1 y 5, respectivamente. Realizaciones preferidas del sistema y del método se definen en las reivindicaciones dependientes.

Es un objetivo de la presente invención proporcionar un sistema de regulación de potencia que permite optimizar la producción de un parque, aumentando el número de máquinas instaladas. En esta situación, se puede considerar la posibilidad de realizar una instalación cuya capacidad nominal de generación de potencia supere la autorizada por la compañía eléctrica, para lo cual el sistema de regulación de la invención garantiza que la potencia evacuada en un instante dado no supera los límites establecidos.

Tradicionalmente en los parques eólicos se buscaba la no generación de potencia reactiva, por tanto, $\cos\Phi = 1$ y, por tanto, potencia aparente = potencia activa. Sin embargo, a lo largo de la presente memoria se distinguen potencia aparente y potencia activa, y así, hablamos de potencia aparente cuando hacemos referencia a la potencia final a conseguir en el parque, la potencia de salida. Y hablamos de potencia activa, aplicada al *set-point* de regulación de las máquinas, ya que es sobre éste parámetro en concreto sobre el que actúa el regulador; sobre el *set-point* de potencia activa.

El sistema de regulación de potencia de la invención tiene la capacidad de regular de forma dinámica la generación de potencia aparente de un parque eólico.

Es decir, el sistema de regulación de potencia de la invención, que bien se integra completamente en el sistema de control y supervisión del parque eólico o bien está conectado a él, tiene la capacidad de realizar las siguientes funciones:

- limitación de potencia de parque (envío de comandos de PAUSA a las máquinas para anular el excedente de potencia total respecto a una consigna establecida. La parada de máquinas se realiza en función de prioridades calculadas automáticamente según unos criterios de ponderación); y
- regulación de potencia aparente de parque (corrección en continuo de la potencia total de evacuación del parque para acercarse de forma óptima a un valor de consigna establecido. La corrección se ejecuta a través del cambio del *set-point* de potencia activa nominal de la máquina).

La invención se refiere a un sistema de regulación de potencia activa de un parque eólico, comprendiendo el parque eólico un grupo de aerogeneradores A_i , una

red de comunicaciones RS y un sistema de supervisión y control ST. El sistema de regulación comprende:

- medios de conexión con dicho sistema de supervisión y control,
- medios de recepción desde dicho sistema de supervisión y control ST de datos relativos a la potencia aparente evacuada P_{out} en cada instante por el parque, y de datos relativos a variables y estados de los aerogeneradores,
- medios para comparar dicha potencia aparente evacuada P_{out} con un valor preestablecido de consigna P_{cons} de potencia aparente del parque,
- medios de corrección en continuo de dicha potencia aparente evacuada P_{out} , de forma que esta P_{out} se aproxime en todo momento al valor de consigna de potencia P_{cons} preestablecido.

De esta forma, al tener el parque capacidad de regulación, la potencia nominal del parque, calculada como suma de las potencias nominales de los aerogeneradores A_i que forman el parque, puede ser superior al valor de potencia máxima autorizado por la compañía eléctrica.

Como se ha indicado, el sistema de supervisión y control ST suministra al sistema de regulación de potencia la información recogida desde los aerogeneradores del parque (variables y estados de los mismos), así como desde la subestación eléctrica (potencia aparente evacuada P_{out}); por ello, la subestación eléctrica deberá estar integrada en el sistema de supervisión y control para leer la potencia activa y reactiva que el parque está evacuando a la red, y calcular con ellas la potencia aparente evacuada P_{out} por el parque.

El valor preestablecido de consigna P_{cons} de potencia del parque puede ser actualizado dinámicamente, por ejemplo, desde un despacho de operación.

Este valor de consigna P_{cons} es el valor al que debe tender la potencia total del parque. El sistema de regulación de la inversión será más óptimo cuanto más se acerque a este valor de consigna P_{cons} de regulación, aun teniendo en cuenta la lentitud en la respuesta del sistema (parque) ante la petición de nuevas consignas y la variabilidad del viento en el emplazamiento.

Preferiblemente, los medios de corrección en continuo de la potencia aparente evacuada P_{out} comprenden:

- medios para calcular la capacidad de regulación del parque para cada instante en función de dichos datos relativos a potencia aparente evacuada P_{out} y de dichos datos relativos a variables y estados de los aerogeneradores A_i ,
- medios de selección de, en función de dichos datos relativos a variables y

estados de los aerogeneradores A_i , sobre qué aerogenerador o aerogeneradores $A_{i_{selec}}$ se puede actuar,

- medios de envío a dichos uno o más aerogeneradores $A_{i_{selec}}$ seleccionados, a través del sistema de supervisión y control ST y de la red de comunicaciones RS del parque, de órdenes relativas a:

- regulación de set-point de potencia o punto de trabajo, y/o
- parada o arranque.

En el caso envío de una orden de parada de uno o más aerogeneradores (por ejemplo, para limitación de potencia evacuada) ésta se aplica de forma controlada no aleatoria, es decir, se evalúa en continuo la prioridad de las máquinas afectadas en función de dos tipos de criterios:

- Fijos. Algunos de los criterios fijos a aplicar son: tipos de máquinas (potencia); situación de las máquinas en parque; selección manual del operador.
- Variables. Algunos de los criterios variables a aplicar son: potencia producida total por el aerogenerador o máquina; número de alarmas de la máquina (según el tipo de alarma).

A cada uno de estos criterios fijos y variables se le asigna un peso en la fase de configuración del sistema de regulación, de forma que la aplicación de estos pesos a cada una de los criterios fijos y variables determina un orden de prioridad de parada de cada aerogenerador, para así ir anulando el excedente de potencia total respecto a la consigna establecida.

La capacidad de regulación del parque se calcula como la suma de la capacidad de regulación de cada aerogenerador o máquina. La capacidad de regulación de cada máquina se calcula en función de la última potencia instantánea leída de la máquina y del límite mínimo de regulación previamente configurado. El límite *set-point* de potencia mínimo al que se puede ajustar una máquina es, por ejemplo, el 65% de su potencia nominal característica; es decir, en una máquina de 850 kw de potencia nominal característica, el *set-point* mínimo de potencia nominal permitido es su 65%, es decir, 552 kw. Por tanto, la capacidad de regulación de una máquina en un momento dado será la diferencia entre la potencia activa actual y el 65% de la potencia nominal del tipo de máquina del que se trate. Es decir, una máquina de 850 kw que en un instante t_0 esté generando 700 kw, tendrá una capacidad de regulación de $700 - 552 = 148$ kw.

Es decir, el sistema de regulación de potencia de la invención realiza un ajuste optimizado de potencia cuando la potencia total P_{out} evacuada (o producida) en un

parque supera o está por debajo de una consigna dada P_{cons} .

Preferiblemente el sistema de regulación también puede comprender un control de seguridad con:

- medios para comparar dicha potencia aparente evacuada P_{out} con un valor preestablecido de consigna de seguridad $P_{cons.seg}$ de potencia del parque, de forma que si dicha P_{out} es superior a $P_{cons.seg}$, el sistema envía orden de parada de emergencia a uno o más aerogeneradores (A_i).

En el sistema de regulación de potencia de la invención ciertos parámetros son configurables en función de una serie de consideraciones del entorno de funcionamiento como, por ejemplo, el tiempo máximo en que se puede sobrepasar una potencia determinada, bien por protección en la subestación, bien por aplicación de penalizaciones; el tiempo de muestreo de los aerogeneradores por el sistema de supervisión y control del parque, o la distribución de viento en el parque.

Esta parametrización o ajuste del sistema de regulación puede llevar cierto tiempo hasta adecuarlo a las condiciones concretas del parque.

La limitación de potencia también puede aplicarse al ámbito de varios parques eólicos, que en su conjunto no pueden superar una potencia total de evacuación, determinada por limitaciones en la subestación colectora común.

El valor de consigna P_{cons} de regulación se establece según ciertos criterios de entorno como, por ejemplo:

- El número de máquinas en el ramal, en caso de tener una red de comunicaciones serie en el parque, ya que cuantas más máquinas tengamos en el ramal la desviación sobre las condiciones instantáneas de funcionamiento es mayor y por tanto la desviación respecto a la consigna establecida será mayor
- En caso de existir una protección hardware en la subestación que dispare ante la lectura de una potencia de evacuación mayor a la limitada por la compañía eléctrica.
- Características del emplazamiento en cuanto a distribución del viento a lo largo del parque ya que el hecho de que unas máquinas vean más viento que otras supone en ocasiones una reducción en la capacidad de regulación del parque.

Por otro lado, el valor de consigna de seguridad $P_{cons.seg}$ se establece con el objetivo de proteger al parque de disparos no deseados de la subestación o a la aplicación de penalizaciones por evacuación superior a la permitida por la compañía eléctrica.

Cuando estando en fase de regulación de potencia del parque se detecta un incremento de la potencia total que supera este límite de seguridad, significa que la

respuesta del sistema no va a ser suficientemente rápida para compensar este exceso de potencia evacuada. Entonces, el regulador lanza una serie de acciones orientadas a resolver inmediatamente la situación, por ejemplo, mandando órdenes de parada de emergencia controlada a las máquinas.

5 La invención también se refiere a un procedimiento de regulación de potencia activa de un parque eólico, comprendiendo el parque eólico un grupo de aerogeneradores (A_i), una red de comunicaciones (RS) y un sistema de supervisión y control (ST), comprendiendo el procedimiento:

- recibir desde dicho sistema de supervisión y control (ST) de datos relativos a potencia aparente evacuada P_{out} en cada instante por el parque, y de datos relativos a variables y estados de los aerogeneradores (A_i),
 - comparar dicha potencia aparente evacuada P_{out} con un valor preestablecido de consigna P_{cons} de potencia aparente del parque,
 - corregir en continuo de dicha potencia aparente evacuada P_{out} ,
- 10 15 de forma que esta potencia aparente evacuada P_{out} se aproxime en todo momento al valor de consigna de potencia P_{cons} preestablecido.

Preferiblemente la corrección en continuo de la potencia activa evacuada P_{out} comprende:

- calcular la capacidad de regulación del parque para cada instante en función de dichos datos relativos a potencia aparente evacuada P_{out} y de dichos datos relativos a variables y estados de los aerogeneradores (A_i),
 - seleccionar, en función de dichos datos relativos a variables y estados de los aerogeneradores (A_i) sobre qué aerogenerador o aerogeneradores ($A_{i_{selec}}$) se puede actuar,
- 20 25 - enviar a dichos uno o más aerogeneradores ($A_{i_{selec}}$) seleccionados, a través del sistema de supervisión y control (ST) y de la red de comunicaciones (RS) del parque, órdenes relativas a:
- regulación de set-point de potencia o punto de trabajo, y/o
 - parada o arranque.

30 Cuando la corrección en continuo de la potencia activa evacuada P_{out} implica el envío de órdenes relativas a parada de uno o más aerogeneradores (A_i), dicha selección se realiza según un grupo de criterios preestablecidos.

El procedimiento de la invención además puede comprender un control de seguridad en el que:

- 35 - se comparar dicha potencia activa evacuada P_{out} con un valor preestablecido

de consigna de seguridad $P_{\text{cons,seg}}$ de potencia del parque,
de forma que si dicha P_{out} es superior a $P_{\text{cons,seg}}$, se envía orden de parada a uno o
más aerogeneradores (A_i).

5 El procedimiento de la invención puede funcionar según un modo de
funcionamiento en el que se prioriza la regulación del set-point de potencia o punto de
trabajo de dichos uno o más aerogeneradores frente a la parada o arranque de otro u
otros aerogeneradores; en tal caso, se regula al máximo la potencia en aquellos
aerogeneradores seleccionados para ello, y cuando sea necesaria una limitación
mayor, se procederá a la detención de uno o más aerogeneradores.

10 También puede funcionar según un modo de funcionamiento en el que se
prioriza el paso a parada o arranque de dichos uno o más aerogeneradores frente a la
regulación del set-point de potencia o punto de trabajo de otro u otros
aerogeneradores; en tal caso, se para o arranca uno o más generadores, y como
ajuste fino, se regula la potencia de otro u otros aerogeneradores, según la necesidad
15 de potencia.

Preferiblemente el sistema de la invención incluye medios para el cálculo de
tendencia de potencia activa, es decir, sobre la potencia predicha a n segundos.

20 Así, el sistema de regulación de potencia de la invención permite corregir la
potencia aparente evacuada P_{out} en base, no a la potencia leída en un instante dado a
salida de subestación, sino a un algoritmo de predicción de potencia que permite
obtener dicho valor previsto para unos cuantos segundos posteriores.

El algoritmo de predicción de potencia se basa en el seguimiento de la
tendencia de la variable potencia total de parque en función de sus históricos.

25 El interés de una regulación en base a predicción de potencia se presenta
cuando las condiciones de entorno exigen una actuación suficientemente rápida del
regulador. Hay que tener en cuenta que el sistema a regular, un parque de
aerogeneradores, es un sistema lento en reaccionar. Tal y como hemos ido
mencionando a lo largo de la descripción, las órdenes enviadas por el regulador tienen
su efecto pasados bastantes segundos. En ocasiones, la instalación no permite este
30 tiempo de reacción por lo que es necesario adelantarse al comportamiento del sistema
para evitar disparos de subestación o similar.

35 Dada la complejidad que supone determinar el valor de potencia a varios
segundos vista, es posible que regular de esta forma suponga perder cierta precisión
en el ajuste. No obstante, se considera asumible frente a provocar disparos de
subestación que pararían el parque completo o a la aplicación de penalizaciones.

Breve descripción de los dibujos

5 A continuación se pasa a describir de manera muy breve una serie de dibujos que ayudan a comprender mejor la invención y que se relacionan expresamente con una realización de dicha invención que se presenta como un ejemplo no limitativo de ésta.

La figura 1 es un esquema genérico de un parque eólico.

La figura 2 muestra una gráfica que representa los valores de potencia total leídos de la subestación.

Descripción de una realización preferida de la invención

10 La figura 1 muestra un esquema sencillo de un parque eólico; para evitar complejidad del dibujo, en este parque se muestran dos aerogeneradores A1 y A2 y un centro de transformación o subestación eléctrica SB. Los diferentes elementos del parque están supervisados por un sistema de supervisión y control de parque (o telemando) ST instalado en un ordenador central ubicado en el propio parque eólico y
15 conectado a los aerogeneradores a través de una red de comunicaciones local RS, por ejemplo, una red RS-232. La aplicación instalada en este ordenador central recoge las variables de funcionamiento de los elementos del parque, su estado, así como las alarmas que en ellos se producen. Adicionalmente el parque puede tener una red de comunicaciones vía ethernet RE (no mostrada). El sistema de supervisión y control de
20 parque ST está así mismo conectado a la unidad central de subestación UCS, a través del cual recibe información de la propia subestación SB.

En la figura 2 se muestra una gráfica que representa los valores de potencia total leídos de la subestación:

25 La curva 1 muestra la potencia activa evacuada P_{out} leída desde la subestación, mientras que las curvas 3 y 2 muestran los valores de potencia predicha a n segundos (es decir, el valor de potencia previsto para unos cuantos segundos posteriores) y la potencia predicha de regulación, respectivamente; por otro lado, la línea 4 muestra el valor de consigna de seguridad $P_{cons.seg}$ (que se establece con el objetivo de proteger al parque de disparos no deseados de la subestación o a la aplicación de penalizaciones por evacuación superior a la permitida por la compañía eléctrica) y la
30 línea 5 muestra el valor de consigna P_{cons} de regulación de potencia.

Configuración de la aplicación

35 La aplicación permite a un operador realizar ciertas operaciones de configuración sobre el modo de funcionamiento del sistema de regulación como por ejemplo:

1. Ajustar un conjunto de parámetros referentes a:

- Activar / desactivar la funcionalidad de regulación de potencia para uno o más aerogeneradores.
- Establecer las consignas que limitan el funcionamiento del algoritmo: consigna de regulación (que puede ser actualizada dinámicamente) y consigna de seguridad (provoca paradas "instantáneas" de aerogeneradores o máquinas); consigna de tiempo de predicción de regulación y consigna de tiempo de predicción de seguridad (valor predicho de potencia que provoca paradas "instantáneas" de máquinas).
- Establecer los parámetros referentes al fichero de traza (log) de la aplicación.
- Establecer el ámbito de aplicación del sistema de regulación: número de máquinas, % de potencia nominal que indica la potencia nominal mínima (*set-point*) que se puede aplicar a un aerogenerador (este valor viene determinado por el Sistema de Control del aerogenerador).

2. Se pueden deshabilitar máquinas para esta funcionalidad de regulación de potencia, como, por ejemplo, máquinas que den problemas o que no se desee parar o regular por cualquier motivo.

3. Se pueden establecer los valores de ponderación de los criterios fijos y variables que priorizan el envío de una orden de parada de unas máquinas sobre otras.

4. También es posible configurar los ramales del parque según la topología de la red de comunicaciones del parque.

5. En todo momento la aplicación permite consultar el estado de las máquinas en relación con la aplicación del algoritmo, mostrando los datos sobre la aplicación del algoritmo en cada aerogenerador.

Funcionamiento de la aplicación

Una vez realizada la configuración completa de la aplicación, comienza la ejecución del lazo de regulación que corrige continuamente la potencia aparente P_{out} medida a la salida de la subestación para ajustarse al valor de consigna P_{cons} de regulación de potencia que, de forma manual o dinámica (por ejemplo, a partir de otra herramienta), es introducida en la aplicación.

La regulación se aplica de la siguiente forma:

- Si la potencia evacuada P_{out} supera el valor de consigna P_{cons} de regulación, el sistema corregirá la "sobre-potencia" aplicando alguno de los dos criterios siguientes (según la configuración de la funcionalidad):

Priorizar regulación de aerogeneradores

En este caso, se regulará al máximo la potencia en aquellas máquinas

designadas para ello y, cuando sea necesaria una limitación mayor, se procederá a la detención de máquinas.

Priorizar el paso a pausa de máquinas

5 En este caso, se parará una o varias máquinas y, como ajuste fino, regulará la potencia de otras (según configuración) hasta que la potencia producida esté dentro del límite.

10 - Si la potencia evacuada P_{out} cae por debajo del valor de consigna P_{cons} de regulación, el sistema arrancará alguna de las máquinas que él mismo ha puesto en pausa o variará (aumentará) el *set-point* de potencia de la máquinas que estaban reguladas, según la necesidad de potencia.

La estrategia de regulación del *set-point* de potencia y la de parada-arranque de máquinas se ejecutan simultáneamente. Sin embargo, para una mejor comprensión de ambas, pasamos a describirlas separadamente.

Descripción del sistema regulador de potencia

15 Los datos de entrada del sistema de regulación de potencia son, por un lado, la lectura de la potencia activa y reactiva medidas en la línea de evacuación de la subestación y, por otro, las variables y estados de los aerogeneradores.

20 Con las potencias activa y reactiva de evacuación se calcula la potencia aparente evacuada P_{out} y se compara con el valor de consigna P_{cons} de regulación de potencia de parque. Los tiempos de muestreo de estos valores están entre 0,5 y 1,5 segundos.

25 Con los valores de potencia y estado de las máquinas se calcula la capacidad de regulación que tiene el parque en un instante dado. Hay que tener en cuenta que la distribución de viento en un parque no tiene por qué ser homogénea, de forma que no todos los aerogeneradores tienen la misma capacidad de regulación; de hecho, algunos de ellos pueden no tener ninguna capacidad de regulación.

30 El tiempo de muestreo de las variables del aerogenerador, en el caso de una red de comunicaciones serie en el parque, dependerá del número de máquinas por ramal; podemos considerar aproximadamente 0,6 segundos por máquina * número de máquinas en el ramal. En caso de red ethernet se podrán muestrear todas a aproximadamente 1Hz.

35 La regulación consiste en variar el *set-point* de potencia activa de los aerogeneradores. Una vez se calcula la capacidad de regulación de los aerogeneradores, el algoritmo determina el nuevo *set-point* que es enviado a todas las máquinas a la vez.

El tiempo de reacción de los aerogeneradores ante el nuevo *set-point* de potencia nominal depende de la potencia que haya que aumentar o disminuir; podemos considerar como referencia unos 3 ó 4 segundos.

5 El nuevo *set-point* nominal hará que la potencia total se aproxime a la consigna de potencia y se cierra el lazo con un nuevo muestreo de la potencia de salida del parque.

Descripción del algoritmo de parada y arranque de máquinas

La manera de priorizar la parada de máquinas se consigue configurando la herramienta de forma que se deje poco margen de regulación; por ejemplo:

- 10
- activando ninguna o muy pocas máquinas para regulación, o
 - aumentando el % del límite de la consigna de potencia nominal del aerogenerador.

15 El sistema calcula continuamente la prioridad de parada de máquinas en función de la ponderación de los criterios fijos y variables aplicados a los valores leídos de los aerogeneradores a través del telemando.

Cuando el sistema de regulación determina que es necesario parar una o varias máquinas, se envía la correspondiente orden de parada a la primera máquina de la lista y así sucesivamente con un intervalo en segundos entre orden y orden. Este intervalo en segundos se puede configurar.

20 Existen dos tipos de parada de máquina: parada de máquina normal y parada de máquina de seguridad.

1. Parada de máquina normal

25 La parada de máquina normal se produce cuando la potencia leída es superior al valor de consigna P_{cons} de regulación de potencia y menor al valor de consigna de seguridad $P_{\text{cons.seg}}$ y este excedente no puede ser anulado con la capacidad de regulación que tiene en ese instante el parque.

30 Entonces, el sistema selecciona la máquina con más prioridad de la lista de aerogeneradores en regulación y le envía una orden de PAUSA. El tiempo que tarda en pasar una máquina a pausa depende de la potencia que esté generando en ese momento: podemos considerar que el paso a pausa requiere un tiempo de unos 20 segundos.

2. Parada de máquina de seguridad

La parada de máquina de seguridad se produce cuando la potencia leída es superior al valor de consigna de seguridad $P_{\text{cons.seg}}$.

35 Entonces, el sistema selecciona la máquina con más prioridad de la lista de

aerogeneradores en regulación y le envía una orden de EMERGENCIA, que supone una parada de emergencia controlada y desconecta la máquina de la red inmediatamente y, tras 35 segundos, aplica freno.

5 Cuando el sistema de regulación determina que es necesario arrancar una o varias máquinas, se envía la correspondiente orden de marcha a la máquina que lleva más tiempo parada y así sucesivamente con un intervalo en segundos entre orden y orden. Este intervalo en segundos se puede configurar en la aplicación.

10 El sistema no enviará orden de arrancar ninguna máquina que el propio sistema no haya parado. De esta manera no se interferirá con cualquier otra operación del parque.

Por último, en caso de querer realizar una regulación de potencia basada en predicción de potencia, la manera de activarla es asignando valores en segundos a los parámetros recogidos en la ventana de configuración del sistema.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de regulación de potencia activa de un parque eólico, comprendiendo el parque eólico un grupo de aerogeneradores (A_i), una red de comunicaciones (RS) y un sistema de supervisión y control (ST), comprendiendo el sistema:
- 5 - medios de conexión con dicho sistema de supervisión y control (ST),
- medios de recepción desde dicho sistema de supervisión y control (ST) de datos relativos a la potencia aparente evacuada P_{out} en cada instante por el parque, y de datos relativos a variables y estados de los aerogeneradores (A_i),
- medios para comparar dicha potencia aparente evacuada P_{out} con un valor
- 10 preestablecido de consigna P_{cons} de potencia aparente del parque,
- medios de corrección en continuo de dicha potencia aparente evacuada P_{out} , de forma que esta potencia aparente evacuada P_{out} se aproxime en todo momento al valor de consigna de potencia P_{cons} preestablecido.
- 15 2. Sistema según la reivindicación 1, caracterizado porque dichos medios de corrección en continuo de la potencia aparente evacuada P_{out} comprenden:
- medios para calcular la capacidad de regulación del parque para cada instante en función de dichos datos relativos a potencia aparente evacuada P_{out} y de dichos datos relativos a variables y estados de los aerogeneradores (A_i),
- 20 - medios de selección de, en función de dichos datos relativos a variables y estados de los aerogeneradores (A_i), sobre qué aerogenerador o aerogeneradores ($A_{i_{selec}}$) se puede actuar,
- medios de envío a dichos uno o más aerogeneradores ($A_{i_{selec}}$) seleccionados, a través del sistema de supervisión y control (ST) y de la red de comunicaciones (RS)
- 25 del parque, de órdenes relativas a:
- regulación de set-point de potencia o punto de trabajo, y/o
- parada o arranque.
- 30 3. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque comprende un control de seguridad con:
- medios para comparar dicha potencia activa evacuada P_{out} con un valor preestablecido de consigna de seguridad $P_{cons.seg}$ de potencia del parque, de forma que si dicha P_{out} es superior a $P_{cons.seg}$, el sistema envía orden de parada a uno o más aerogeneradores (A_i).

4.- Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque comprende medios para el cálculo de tendencia de potencia activa.

5 5.- Procedimiento de regulación de potencia activa de un parque eólico, comprendiendo el parque eólico un grupo de aerogeneradores (A_i), una red de comunicaciones (RS) y un sistema de supervisión y control (ST), comprendiendo el procedimiento:

- recibir desde dicho sistema de supervisión y control (ST) de datos relativos a potencia aparente evacuada P_{out} en cada instante por el parque, y de datos relativos a variables y estados de los aerogeneradores (A_i),
- 10 - comparar dicha potencia aparente evacuada P_{out} con un valor preestablecido de consigna P_{cons} de potencia aparente del parque,
- corregir en continuo de dicha potencia aparente evacuada P_{out} , de forma que esta potencia aparente evacuada P_{out} se aproxime en todo momento al
- 15 valor de consigna de potencia P_{cons} preestablecido.

6. Procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado la corrección en continuo de la potencia activa evacuada P_{out} comprende:

- 20 - calcular la capacidad de regulación del parque para cada instante en función de dichos datos relativos a potencia aparente evacuada P_{out} y de dichos datos relativos a variables y estados de los aerogeneradores (A_i),
- seleccionar, en función de dichos datos relativos a variables y estados de los aerogeneradores (A_i) sobre qué aerogenerador o aerogeneradores ($A_{i_{selec}}$) se puede actuar,
- 25 - enviar a dichos uno o más aerogeneradores ($A_{i_{selec}}$) seleccionados, a través del sistema de supervisión y control (ST) y de la red de comunicaciones (RS) del parque, órdenes relativas a:
 - regulación de set-point de potencia o punto de trabajo, y/o
 - parada o arranque.

30

7.- Procedimiento según la reivindicación 6, caracterizado porque cuando la corrección en continuo de la potencia activa evacuada P_{out} implica el envío de órdenes relativas a parada de uno o más aerogeneradores (A_i), dicha selección se realiza según un grupo de criterios preestablecidos.

35

8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 5-7, caracterizado porque comprende un control de seguridad en el que:
- se comparar dicha potencia activa evacuada P_{out} con un valor preestablecido de consigna de seguridad $P_{cons.seg}$ de potencia del parque,
- 5 de forma que si dicha P_{out} es superior a $P_{cons.seg}$, se envía orden de parada a uno o más aerogeneradores (A_i).
9. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 6-8, caracterizado porque se prioriza la regulación del set-point de potencia o punto de trabajo de dichos
- 10 uno o más aerogeneradores frente a la parada o arranque de otro u otros aerogeneradores.
10. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 6-8, caracterizado porque se prioriza la parada o arranque de dichos uno o más aerogeneradores frente a
- 15 la regulación del set-point de potencia o punto de trabajo de otro u otros aerogeneradores.

RESUMEN

Procedimiento y sistema de regulación de potencia activa de un parque eólico que comprende un grupo de aerogeneradores (A_i), una red de comunicaciones (RS) y un sistema de supervisión y control (ST). El sistema de la invención comprende:

- 5 - medios de conexión con dicho sistema de supervisión y control (ST),
- medios de recepción desde dicho sistema de supervisión y control (ST) de datos relativos a la potencia aparente evacuada P_{out} en cada instante por el parque, y de datos relativos a variables y estados de los aerogeneradores (A_i),
- medios para comparar dicha potencia aparente evacuada P_{out} con un valor
- 10 preestablecido de consigna P_{cons} de potencia aparente del parque,
- medios de corrección en continuo de dicha potencia aparente evacuada P_{out} , de forma que esta potencia aparente evacuada P_{out} se aproxime en todo momento al valor de consigna de potencia P_{cons} preestablecido.

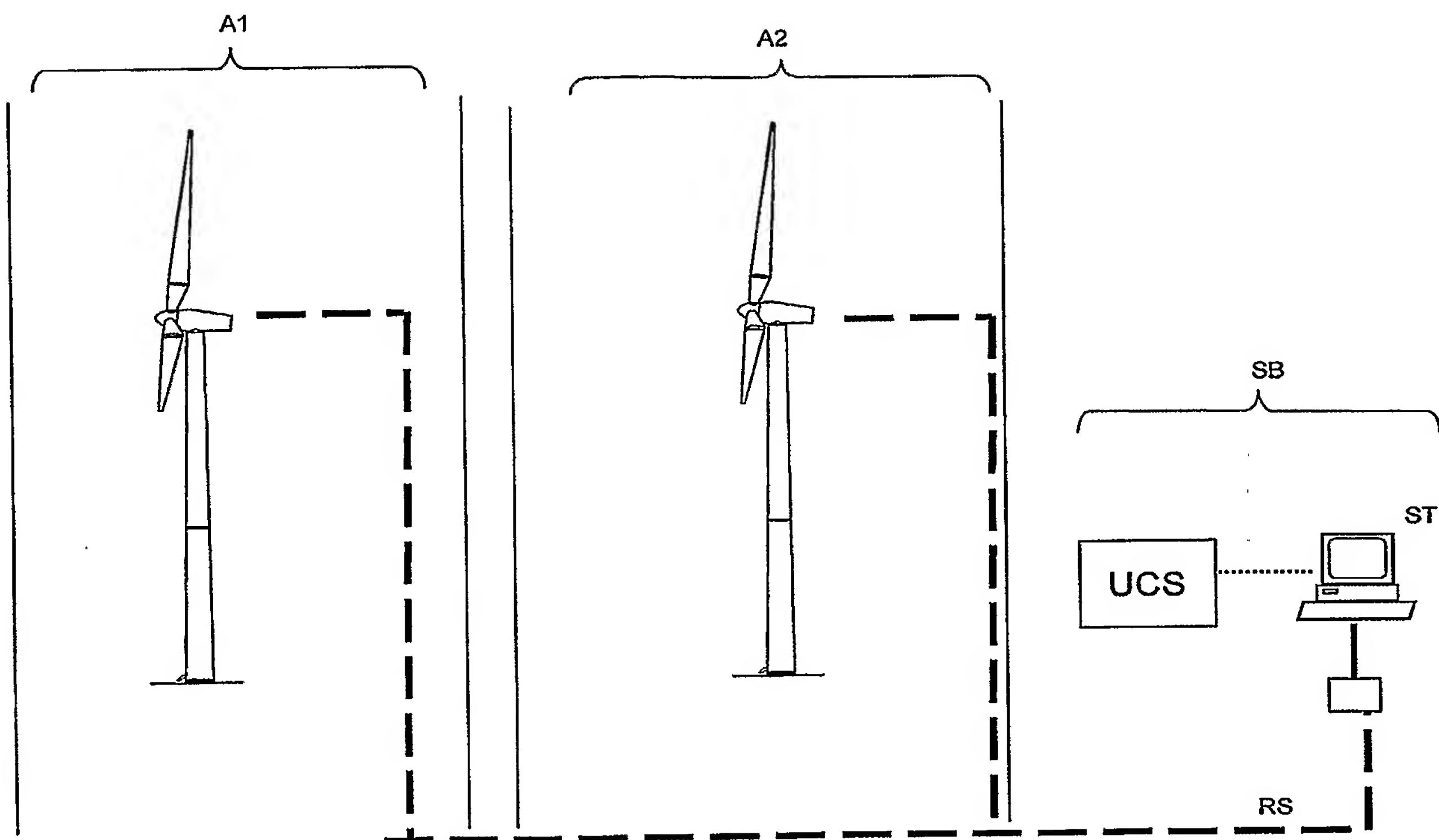


FIG. 1

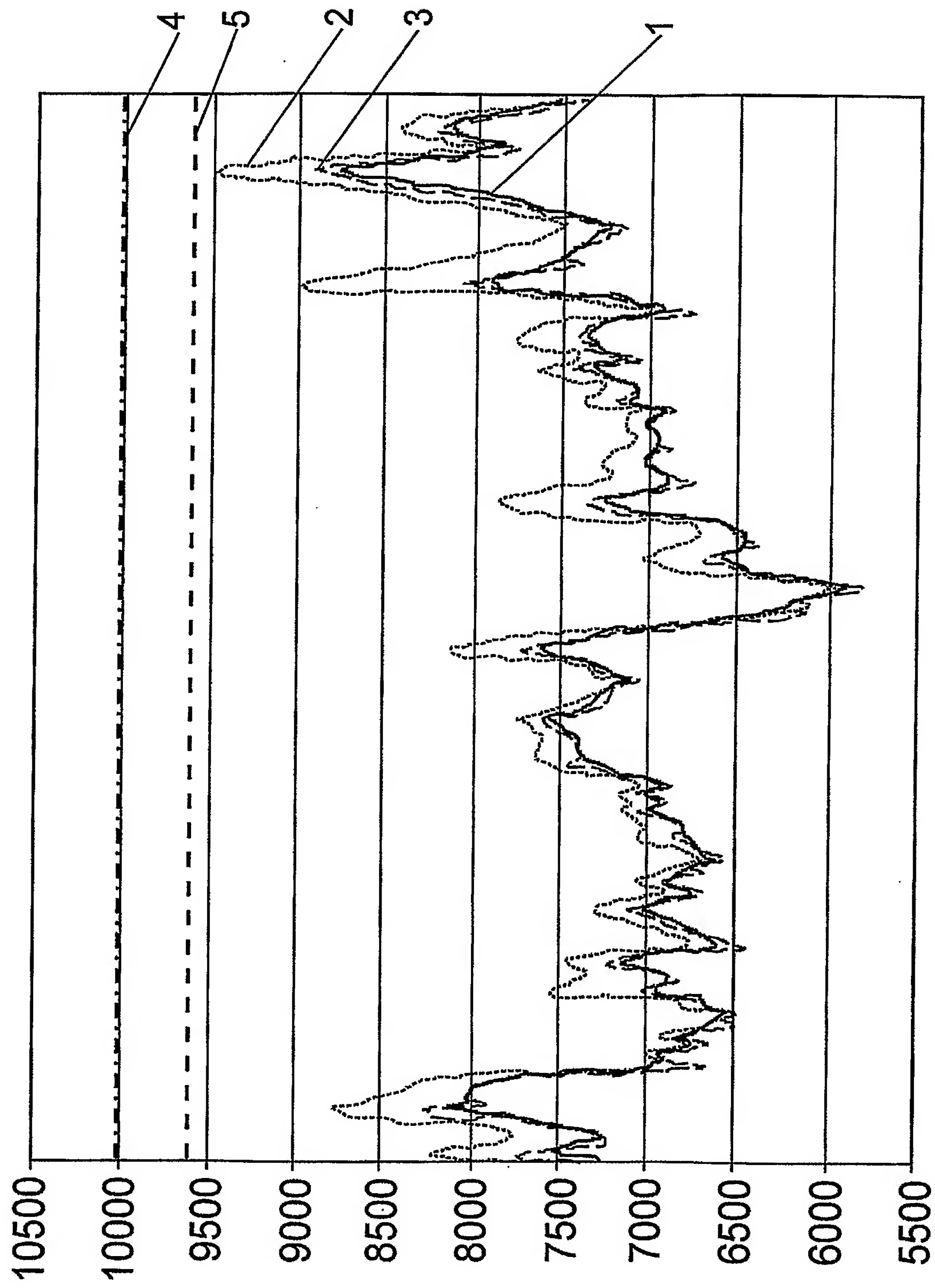


FIG. 2